



Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil - 015



CARSTE DE LAGOA SANTA

Data: 15/02/2000

Mylène Berbert-Borne-mail: berbert@zaz.com.brCPRM-Geological Survey of Brazil
SGAN 603 Conj. J Parte A 1º andar
Brasília-DF 70.830-030

© Berbert-Born, M. 2000. Carste de Lagoa Santa. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na Internet em 15/02/2000 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio015/sitio015.htm>

Versão Final Impressa:

© Berbert-Born, M. 2002. Carste de Lagoa Santa, MG - Berço da paleontologia e da espeleologia brasileira. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M.L.C. (Edits.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002, v.01: 415-430.
[Acessar em <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio015/sitio015.pdf>]

(A referência bibliográfica de autoria acima é requerida para qualquer uso deste artigo em qualquer mídia, sendo proibido o uso para qualquer finalidade comercial) ■

RESUMO

Pouco ao norte de Belo Horizonte, centro-sul de Minas Gerais, está uma das regiões brasileiras mais importantes em termos de paisagem cárstica carbonática e da história das ciências naturais do país: o *Carste de Lagoa Santa*. Esta região apresenta um denso conjunto de feições tipicamente dissolutivas em associação a uma hidrografia com componentes fluviais (subaéreos) e cársticos (subterrâneos), desenvolvidos em calcarenitos puros ($\text{CaCO}_3 > 94\%$) da formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí) cobertos, em sua maior parte, por formações pedológicas significativas. O relevo superficial (exocarste) evoluiu a partir da configuração primordial de redes hídras subterrâneas (endocarste) e de uma dinâmica intensa na interface rocha-solo (epicarste), cuja integração favoreceu o aparecimento de múltiplos pontos de captura de águas superficiais segundo bacias primárias e secundárias (dolinas e uvalas). Em paralelo, tem-se a conformação de um relevo rochoso encoberto fortemente irregular como atestam torres residuais e verrugas aparentes em áreas dissecadas. Outras feições comuns são os grandes paredões lineares -geralmente resultantes da evolução das dolinas- *canyons*, vales cegos e dolinas de abatimento instalados em segmentos fluvio-cársticos, bem como grandes planícies rebaixadas alagadas sazonalmente (*poljés*). A trama de condutos subterrâneos, estruturalmente controlados, está hoje em grande parte diretamente conectada à superfície, constituindo centenas de cavernas. A este ambiente estão associados sítios paleontológicos de grande valor, com componentes da megafauna pleistocênica extinta e vestígios muito importantes da ocupação humana pré-histórica no Brasil, entre os quais, ossos de cerca de 12 mil anos descritos por Lund como o "Homem de Lagoa Santa". A implantação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) tem procurado valorizar e conciliar o patrimônio natural e científico às condições de intenso desenvolvimento urbano e industrial próprias à região.

INTRODUÇÃO

A região de Lagoa Santa, localizada nas adjacências da metrópole Belo Horizonte, centro-sul do estado de Minas Gerais, é um importante exemplar brasileiro de ambiente cárstico desenvolvido em rochas carbonáticas.

Em termos de suas características físicas, apresenta uma geomorfologia cárstica típica e diversificada, com algumas feições especialmente marcantes: i) grande quantidade de dolinas em variedade de tamanhos, formas e padrões genéticos, muitas vezes limitadas por paredões calcários lineares; ii) grandes maciços rochosos aflorantes ou parcialmente encobertos; iii) muitos lagos com diferentes comportamentos hídricos, associados às dolinas ou em amplas planícies rebaixadas, e iv) uma complexa trama de condutos subterrâneos, comumente conectados com o relevo superficial e, assim, acessíveis ao homem. Todo esse conjunto de grandes feições dissolutivas expostas, agregado às pequenas formas que esculpem os afloramentos rochosos (lapiás) e à vegetação que lhe é peculiar, marca uma paisagem que tem um mérito cênico, e portanto, turístico.

Além do aspecto paisagístico, as propriedades físicas do carste de Lagoa Santa têm uma importância acadêmica por representarem belos exemplos dos processos dinâmicos integrados de dissolução, transporte, deposição clástica, precipitação química e erosão, no âmbito da superfície do terreno (exocarste), no subterrâneo (endocarste) e na interface rocha-solo (epicarste).

O carste de Lagoa Santa também tem um significado especial para a história da ciência e da cultura do povo brasileiro. A região é considerada o berço da paleontologia, arqueologia e espeleologia. O pioneirismo das pesquisas é justificado, em princípio, por tratar-se da região do país onde atualmente se registra o maior número de cavernas por área. Essa aglomeração de grutas e abrigos guarda grande quantidade de fósseis pleistocênicos, entre eles a chamada megafauna extinta, e "os vestígios mais importantes da ocupação humana pré-histórica no Brasil, que incluem painéis rupestres, utensílios e ossadas, cujos registros mais antigos são datados de aproximadamente 12.000 B.P." (Prous et al., 1998).

Outra característica que é singular à Lagoa Santa, dentre as demais áreas cársticas do país, é a expressiva ocupação antrópica que implica em risco à sua integridade. A região sofre expansão demográfica e representa um pólo industrial e mineral de extrema importância econômica. Essa situação conflitante, com crescente comprometimento da água, vegetação e relevo, foi um fator decisivo para o estabelecimento de uma Unidade de Conservação, com atributo de Área de Proteção Ambiental (APA Carste de Lagoa Santa). A partir do seu zoneamento ecológico-econômico (Souza, 1998), espera-se que o desenvolvimento prossiga em coexistência harmônica ao patrimônio natural.

LOCALIZAÇÃO E FISIOGRAFIA

Definição e situação

O carste de Lagoa Santa é uma região a cerca de 30 km ao norte de Belo Horizonte identificada pela ocorrência de um denso conjunto de feições geomorfológicas tipicamente dissolutivas e por uma hidrografia que pode ser caracterizada como mista de componentes fluviais (subaéreos) e cársticos (subterrâneos), como ilustra a figura 1.

Grande parte da área cárstica situa-se no interflúvio do rio das Velhas (a leste) e ribeirão da Mata (a oeste-sudoeste), estando limitada ao sul-sudoeste pela ocorrência das rochas granito-gnáissicas do embasamento cristalino. Ao norte o limite não está bem estabelecido, mas o perímetro cárstico pode ser referenciado por aquele que define os limites da APA (figura 1), extrapolando-os um pouco rumo ao norte, perfazendo mais de 360 km². Estão envolvidos os municípios de Vespasiano, Pedro Leopoldo, Confins, Lagoa Santa, Matozinhos, Funilândia e Prudente de Moraes.

Em direção à cidade de Sete Lagoas, a noroeste, estendem-se ainda faixas significativas daquele tipo geomorfológico, desenvolvido sobre variantes faciológicos dos mesmos litótipos, áreas estas, entretanto, não consideradas como integrantes do carste de Lagoa Santa propriamente dito.

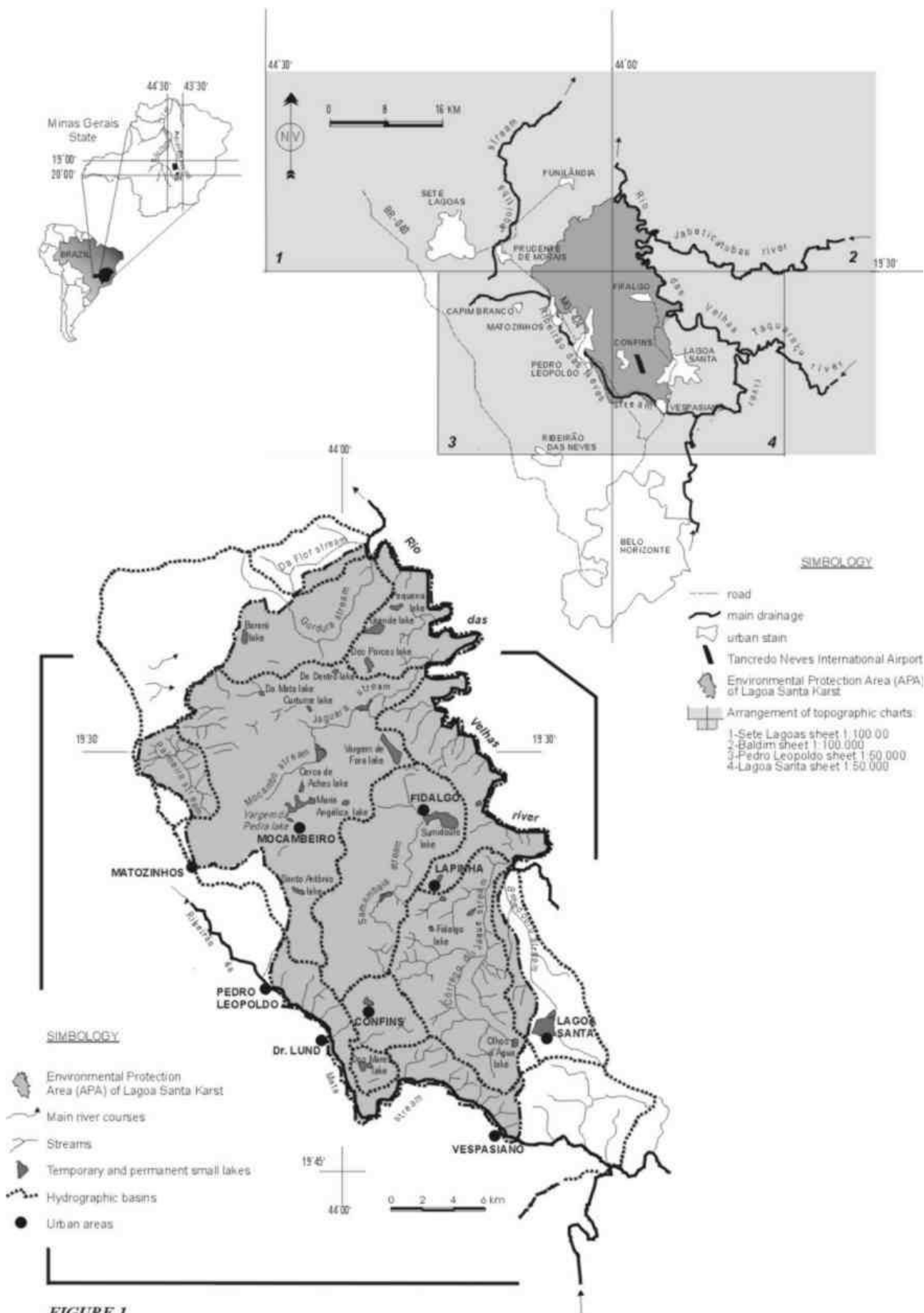


Figura 1: Localização e hidrografia do Carste de Lagoa Santa.

Hidrografia e relevo

As principais sub-bacias hidrográficas são definidas pelos córregos Samambaia, Palmeiras-Mocambo, Jaguará e riacho do Gordura (figura 1), para onde são drenadas as águas pluviais capturadas, em grande parte, pelos inúmeros dolinamentos distribuídos ao longo da área. Os limites dessas bacias ainda não estão perfeitamente reconhecidos, porque muitas rotas de fluxo subterrâneo ainda são desconhecidas. Todas elas têm descarga final no rio das Velhas, nível de base regional.

Dois compartimentos fisiográficos maiores descrevem os principais domínios morfogenéticos do carste propriamente dito, os quais foram bem delineados por Auler (1994) para a porção-centro sul da área: Planaltos Cársticos e Depressão de Mocambo, com cotas variando entre 900m, junto à Serra dos Ferradores, e 650m, onde se encontram os níveis de base locais, como a planície de Mocambo e a região de Sumidouro.

Kohler (1989) reconhece restos da Superfície Sul-Americana em topos planálticos residuais, marcados por morros alongados e convexos nas cotas superiores a 800m. As partes dissecadas do planalto cárstico são caracterizadas ou por um relevo fortemente ondulado, em cobertura pedológica, composto por diversas bacias mutuamente articuladas segundo polígonos irregulares (dolinas e uvalas) grosseiramente alinhados, os quais dirigem o escoamento superficial (autogênico) para múltiplos pontos de infiltração (Piló, 1998), ou ainda segundo áreas onde afloram grandes maciços rochosos lapiezados. Há regiões entalhadas por *canyons* e vales cegos que caracterizam segmentos fluviocársticos. Diversos condutos subterrâneos são interceptados pela superfície do relevo, tendo sido levantadas centenas de cavernas com diferentes morfologias e dimensões. As áreas mais deprimidas constituem-se em planícies relativamente amplas, de fundo plano e vertentes abruptas recuadas (poljés), ocupadas por lagoas temporárias ou canais de drenagem subaérea.

Clima e vegetação

A temperatura média do ar é da ordem de 23°C, sendo 11,2°C a média das mínimas temperaturas num período de 30 anos (mês de julho), e 29,6°C a média das máximas (outubro a março). A umidade relativa varia de 60 a 77% nos meses mais secos e úmidos, respectivamente, chegando a 96% nos meses mais úmidos. A pluviometria média está em torno de 1380mm. O período seco estende-se por 5 meses, de maio a setembro, com menos de 7% das chuvas anuais, caracterizando um regime pluviométrico tipicamente tropical, havendo uma grande concentração de chuvas no verão e seca no inverno (Patrus, 1996).

A região possui formações vegetacionais de cerrado e floresta estacional semidecidual (IBGE, 1993). O cerrado restringe-se a manchas remanescentes, em regeneração ou em transição (mata-cerrado). Nas dolinas e arredores dos afloramentos prevalece a Floresta Estacional Semidecidual. Sobre os afloramentos calcários desenvolve-se Floresta Estacional Decidual ("mata seca") (Piló, 1998).

Contexto geológico

As rochas carbonáticas onde estão desenvolvidas as feições cársticas que definem o carste de Lagoa Santa são litótipos neoproterozóicos do Grupo Bambuí, componentes da Formação Sete Lagoas, aflorantes no extremo sudeste da extensa bacia sedimentar pré-cambriana do Bambuí que integra o Cráton do São Francisco (figura 2a).

A geomorfologia instalada é reflexo de uma estratigrafia marcada pela sucessão de duas unidades carbonáticas composicionalmente diferenciadas (Formação Sete Lagoas), superpostas por rochas siliciclásticas muito finas (Formação Serra de Santa Helena), estando tal sequência assentada em discordância sobre rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Arqueano (figura 2b). As coberturas detrito-lateríticas elúvio-coluvionares do Cenozóico que ocorrem como superfícies residuais aos estágios de aplainamento também desempenham papel na estruturação do relevo cárstico aqui descrito.

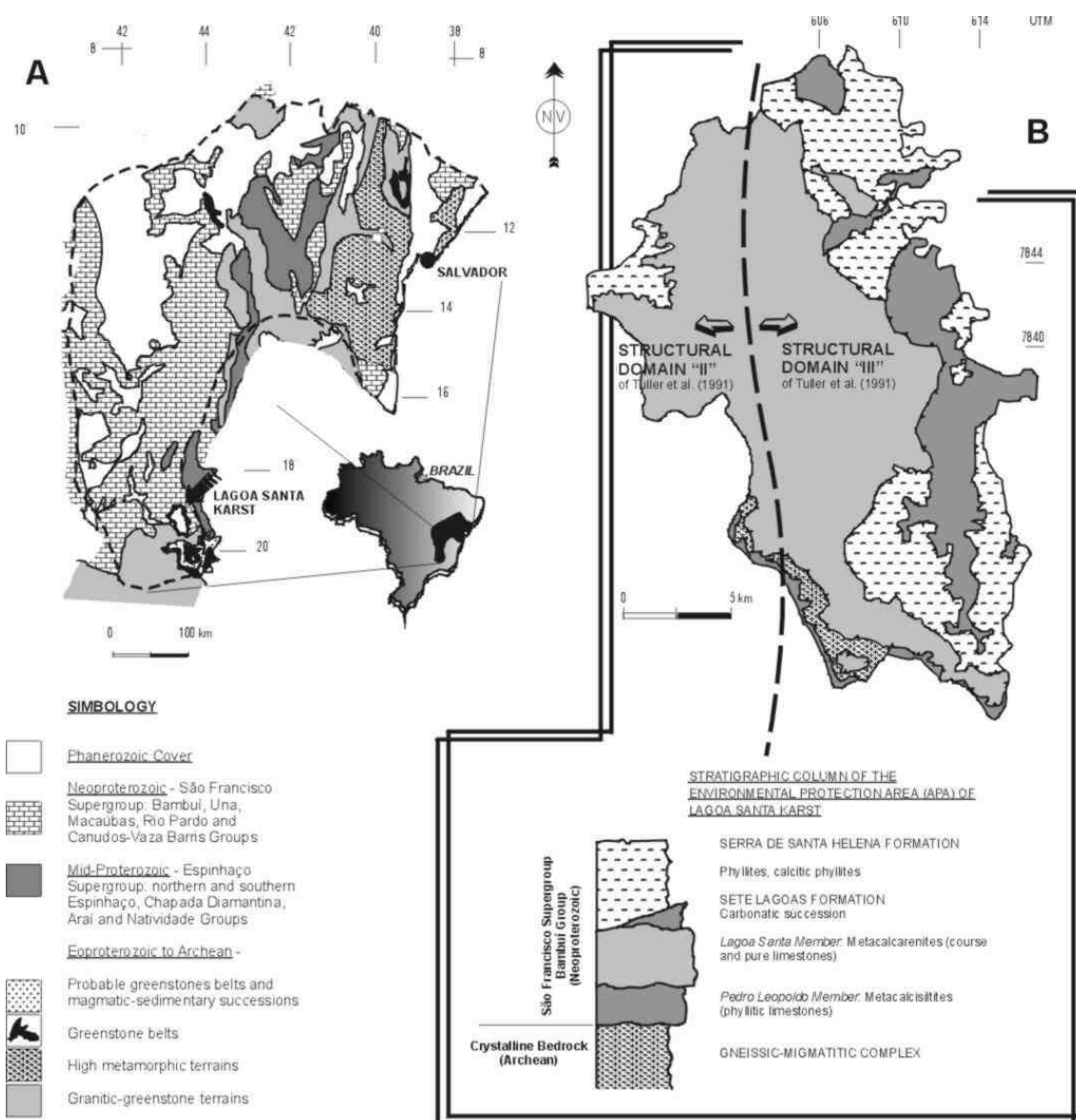


FIGURE 2

Figura 2: Geologia. A) localização do Carste de Lagoa Santa no esboço geológico do Cráton do São Francisco (simplificado de Almeida e Hasui, 1984, e Alkmim et al., 1993); B) mapa litoestratigráfico da APA Carste de Lagoa Santa (Viana et al., 1998).

A estratigrafia considerada é aquela definida por Schöhl (1976) e ampliada por Tuller et al. (1992) com o reconhecimento de sete fácies deposicionais compondo as duas unidades carbonáticas da Formação Sete Lagoas: membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa. Além do reconhecimento das variações litofaciológicas, aquele último trabalho reconheceu variações tectofaciológicas das unidades, ambas de relevância na estruturação geomorfológica sob diversas escalas.

A sequência carbonática segundo os referidos autores é composta, à base (Membro Pedro Leopoldo), por calcários chamados "impuros" ou silicosos onde predominam calcissiltitos e calculutitos finamente laminados com freqüentes intercalações argilosas terrigenas delgadas. A participação clástica é mais acentuada especialmente no contato com embasamento cristalino. O teor de carbonato de cálcio está sempre abaixo de 90% e pode chegar a 60% (Campos, 1994; Piló, 1998). Esta unidade pode atingir 80 metros de espessura (Campos, 1994; Tuller et al., 1992).

Acima dos carbonatos basais ocorre um pacote de calcarenitos muito homogêneos (Membro Lagoa Santa), com teor de CaCO_3 superior a 94%, que pode alcançar 200 metros de espessura, segundo Tuller et al. (op.cit.). Esta é a unidade mais sujeita à carstificação. O contato entre os dois membros é muito irregular, podendo ter caráter transicional ou interdigitado, com intercalações de até 20 metros de espessura entre ambos (Campos, 1994), ou ser brusco. Os calcissiltitos Pedro Leopoldo podem recorrer sobre os calcarenitos Lagoa Santa, de maneira restrita.

A passagem da sequência carbonática para a pelítica da Formação Serra de Santa Helena também pode ser transicional, com a participação de camadas margosas intermediárias a ambas (Campos, 1994), ou em discordância (Tuller et al., 1992). Há locais onde os pelitos assentam-se diretamente sobre os calcissiltitos basais.

As espessuras variáveis das unidades, suas descontinuidades, variações faciológicas laterais e verticais e diferenças nas suas

relações mútuas de contato são atribuídas ao caráter fortemente irregular do embasamento cristalino que caracteriza a bacia deposicional. Nota-se que o paleorelevo da bacia também teve uma influência importante sobre a deformação imposta pelos movimentos tectônicos que determinaram o transporte de baixo ângulo da sequência supracrustal sobre o complexo cristalino (tectônica "epidérmica"), de leste para oeste.

A sequência descrita encontra-se variavelmente deformada, em grau de metamorfismo fraco, com predominância de estruturas subhorizontais. Assim, as laminações e bandamentos correspondem a foliações tectônicas coincidentes com o plano de acamamento original, este último já transposto, especialmente na metade oriental da área onde a deformação é mais intensa. A freqüente venulação calcítica e silicosa observada segundo a foliação de transposição reflete a grande mobilização associada a uma deformação de caráter dúctil. O sentido do movimento está bem expresso por uma lineação mineral de estiramento muito marcante, de direção E-W e caimento suave para E.

A deformação aparenta maior intensidade no contato entre cada uma das unidades e na base da sequência, configurando zonas de cisalhamento inter e intraestratiais, talvez como resultado da maior proporção de intercalações argilosas funcionando como agente "lubrificador" e favorecedor do transporte de massa.

Estruturas disruptivas estão especialmente representadas por famílias de fraturas de alto ângulo (subverticais) cuja freqüência e direções são variáveis sobre cada um dos litótipos, e conforme o domínio estrutural ou deformacional. Nota-se que nos calcários heterogêneos basais estão melhor expressas estruturas associadas a um caráter de tectônica mais dúctil, como as laminações plano-paralelas a onduladas. Nos calcários grosseiros e homogêneos sobrejacentes está expresso um comportamento mais rígido, sendo o fraturamento particularmente importante e decisivo na configuração do relevo atual. Entre os principais conjuntos, sobressaem os de direção E-W, N30-40E e N10-20W, podendo haver variações, conforme dito, segundo diferentes domínio estruturais. Alguns falhamentos maiores de rejeito vertical ou oblíquo foram identificados, sendo responsáveis pela individualização de blocos estruturais e pelo alinhamento de escarpas e grupos de dolinamentos (Campos, 1994).

As unidades apresentam-se em geral cobertas por sedimentos coluvionares de espessura variável, que podem alcançar mais de 50 metros e até 80 metros, conforme identificado por furos de sondagens (Campos, op.cit.). As maiores espessuras encontram-se sobre os calcários silicosos da base da sequência, muitas vezes formando amplas planícies, as quais podem ser inundadas sazonalmente.

HISTÓRICO

Há muitos registros arqueológicos pré-históricos na região indicando uma ocupação humana que chega a 12.000 anos (Prous et al., 1998). São sítios com ossadas, artefatos indígenas em pedra, ossos e cerâmica, vestígios de fogueiras, gravuras, picoteamentos e pinturas rupestres, a maioria, resguardados nas cavernas, abrigos e junto aos paredões rochosos.

Populações sucederam-se ocupando de forma mais densa e permanente as cavernas e abrigos (Prous et al., op.cit.), cultivando o solo e fazendo uso das águas de lagoas em dolinamentos. Com a chegada das primeiras bandeiras, que teve Fernão Dias Paes como precursor por volta de 1675, houve rápida desestruturação das sociedades indígenas, especialmente em decorrência das notícias de ouro aluvionar na região (Piló, 1998).

O homem volta a relacionar-se com as cavernas da região, com interesses econômicos sobre a extração de salitre para o fabrico da pólvora (Gomes e Piló, 1992). Nessas investidas foram achados ocasionalmente ossos animais e humanos que atraíram a atenção dos pesquisadores naturalistas da época. A partir de 1840 tem-se registros das primeiras explorações e de estudos sistemáticos nas cavernas, realizados pelo dinamarquês Peter Lund. Seus trabalhos projetaram a região de Lagoa Santa no mundo científico, especialmente por ter sido suspeita a contemporaneidade entre as populações pré-históricas conhecidas como "Homem de Lagoa Santa" e a fauna extinta, idéia pioneira para a época (Prous et al., 1998). Lagoa Santa torna-se o berço da arqueologia e da paleontologia brasileira.

Após Lund, muitos outros naturalistas e viajantes registraram os atributos da paisagem em seus relatos e publicações científicas. Destacaram-se as pesquisas arqueológicas e paleontológicas do Museu Nacional do Rio de Janeiro nas décadas de 1920 e 1930, os estudos da Academia de Ciências de Minas Gerais no decorrer de mais de 20 anos, e as campanhas internacionais Americano-Brasileira (década de 50) e Missão Franco-Brasileira (década de 70). Foram nomes de destaque Lanari, Padberg-Drenkpol, Aníbal Matos, Arnaldo Cathoud, Josaphat Pena, H.V.Walter, Hurt e Blasi, Souza Cunha, Paula Couto, Laming-Emperaire. A partir da missão francesa, as pesquisas passam a ser desenvolvidas pelo Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais, com a atuação de A. Prous e C. Cartelle. No campo dos estudos geomorfológicos, atuaram com destaque Tricart, Barbosa, Journaux, Coutard e Kohler.

Os trabalhos desenvolvidos foram acompanhados por descrições do ambiente cavernícola, de suas morfologias, sedimentos clásticos e químicos, e das relações com a paisagem externa. A região é também considerada o berço da espeleologia brasileira, tendo sido também Lund o seu precursor. Em 1937 registra-se em Ouro Preto a fundação da primeira sociedade brasileira de espeleologia, a SEE-Sociedade Excursionista e Espelológica, vinculada à Escola de Minas. A partir de sua criação tem início os primeiros trabalhos de exploração, mapeamento e descrição especificamente voltados à compreensão das feições subterrâneas.

A década de 80 é brindada por diversos trabalhos acadêmicos versando sobre geologia, geomorfologia, hidrogeologia, limnologia e paleoecologia, entre monografias, dissertações e teses. Ocorre também a atuação importante de alguns grupos de espeleologia. Na década seguinte foram desenvolvidos projetos ambientais multidisciplinares por instituições governamentais (CPRM-Serviço Geológico do Brasil, CETEC-Centro de Estudos Tecnológicos de Minas Gerais, IBAMA) em parceria com as administrações municipais, já calcados em "ensaios" anteriores, como os levantamentos que nortearam a construção do aeroporto internacional Tancredo Neves, em Confins.

A pressão do desenvolvimento econômico considerado vital para a região, sobre uma área de reconhecida fragilidade física e de grande valor científico e cultural, culminou no estabelecimento de uma Área de Proteção Ambiental (Decreto Federal nº 98.881 de 26/01/90), já tendo sido definidas através do seu zoneamento ecológico-econômico (Souza, 1998), as premissas para uma coexistência sustentável.

DESCRIÇÃO

A região de Lagoa Santa apresenta terrenos de geomorfologia cárstica, definidos por um relevo acidentado do tipo côncavo-convexo com formas superficiais próprias que resultam da dissolução de rochas carbonáticas e da estruturação de uma hidrografia com importantes componentes subterrâneos.

Assim sendo, constitui-se de feições que lhes são típicas tanto na superfície, consideradas o "exocarste", quanto no subterrâneo, onde se articula uma trama de condutos de dimensões e morfologias variadas compondo o "endocarste". Tais condutos são muitas vezes acessíveis ao homem por sua interseção ao relevo superficial, representando as cavernas, consideradas uma das feições mais representativas da região. Existe ainda um terceiro domínio, representado pela interface rocha-solo, chamado "epicarste". Em todos os domínios, há componentes específicos sob diferentes escalas que devem ser considerados para a caracterização do ambiente como um todo.

Salienta-se o forte vínculo mútuo das formas superficiais, subsuperficiais e subterrâneas, uma vez que a dinâmica subterrânea tem um papel determinante sobre a configuração do relevo superficial, ao mesmo tempo que as formas superficiais instaladas são fundamentais na circulação de águas e na movimentação de sedimentos. A dinâmica dos processos dissolutivos no domínio epicárstico tem reflexo particularmente significativo na configuração da paisagem de Lagoa Santa, segundo Piló (1998).

Exocarste

Várias unidades e subcompartimentos fisiográficos foram individualizados (CETEC, 1987; Kohler, 1989; Auler, 1994; CPRM, 1994; Piló, 1998): unidade dos Desfiladeiros e Abismos com Altos Paredões, Cinturão de Uvalas, Planalto Cárstico, Planalto Cárstico Poligonal, Topos Residuais Planálticos, Planalto de Dolinas, Planalto de Matozinhos-Vespasiano, Superfície Cárstica Encoberta, Superfície Filítica, Superfície Rebaixada de Lagoa Santa, Planícies Fluviais, Planícies Cársticas, Uvala de Mocambo, Megauvalas com Lagoas, Maciços e Planícies do Riacho do Gordura, Poljé do Sumidouro.

As unidades que melhor caracterizam a compartimentação regional, reunindo feições dominantes em relação genética com o sistema hídrico, são aquelas definidas por Auler (1994). Dentre elas, as que descrevem feições cársticas são:

Planalto Cárstico

Define as áreas de topografia fortemente irregular entre as cotas 850 e 700 metros, onde ocorrem grandes concentrações das principais formas cársticas: maciços aflorantes, paredões lineares, torres e verrugas lapiezados, destacando-se a grande frequência de dolinas, especialmente as de dissolução e subsidência (aluviais). Neste compartimento estão incluídos a unidade dos Desfiladeiros e Abismos com Altos Paredões, o Cinturão de Uvalas e o Planalto de Dolinas individualizados em maior detalhe por Kohler (1989) (figura 3A).

Campos de dolinas caracterizam o carste desenvolvido em áreas cobertas por solos de espessura variável. Muitas vezes conformam bacias maiores articuladas segundo uma rede celular de polígonos irregulares com um escoamento superficial radial centrípeto, com múltiplos pontos de infiltração situados ao fundo das dolinas e uvalas. Um importante exemplar dessa configuração é a Depressão Poligonal Macacos-Baú (Piló, 1998). Segundo Piló (op.cit.), a maioria das dolinas naquela região tem sua bacia limitada por paredão calcário, sendo, portanto, assimétricas em meio-círculo, com fundo chato, côncavo ou afunilado. Dolinas circulares ou ovais com assimetria de vertentes, sem aforamentos rochosos, também são tipo frequente.

Conjuntos expressivos que reúnem alto índice de dolinamento e maciços rochosos expostos ou semi-encobertos estão na região da Lapinha, Lapa Vermelha, região de Cerca Grande e Jaguará, Poções e proximidades, região da mineração Ciminás, região da fazenda Cauaia e Gordura (figura 3B). Alguns sistemas fluviais estão presentes em combinação aos sistemas hidrológicos subterrâneos, os quais são responsáveis pelo modelamento de *canyons* e vales cegos, como a região de Poções, onde também são comuns dolinas de abatimento.

Algumas importantes planícies aluviais em vales de vertentes recuadas são também consideradas como componentes do Planalto Cárstico, como trechos do curso dos córregos Palmeiras-Mocambo, Samambaia, Jaguará e Gordura. São representadas pelos compartimentos das "Megauvalas com lagoas", "Maciços e planícies do riacho do Gordura" e "Poljé do Sumidouro" de Kohler (1989), apresentados na figura 3A. A planície do córrego Samambaia merece ser destacada nesse domínio, e até mesmo individualizada, por representar uma importante bacia de descarga de águas capturadas nos planaltos circundantes, conduzidas à grande depressão da lagoa do Sumidouro (poljé do Sumidouro), já próximo ao nível de base regional representado pelo rio das Velhas.

Lapiás, ou *karren*, são sulcos e reentrâncias de escala milimétrica a métrica também consideradas um particular cárstico que pode diferenciar-se de região para região. No carste de Lagoa Santa, um dos tipos mais notáveis dessas formas de dissolução são os desenvolvidos ao longo da foliação ou bandamento horizontal ("lapiás de juntas"), conformando canaletas lenticulares ou ovais (figura 3C), geralmente de poucos centímetros a poucos decímetros, repetidas com grande frequência, nalguns casos, concentrando-se ao longo de determinados horizontes. Caneluras verticais também são comuns (figura 3D).

A geomorfologia no Planalto Cárstico está fortemente vinculada à ocorrência dos calcários puros homogêneos do Membro Lagoa Santa. Uma característica distintiva entre o relevo desenvolvido sobre calcarenitos calcíticos e os calcissiltitos silicosos, ainda que capeados por mantos pedológicos, refere-se à forma das vertentes das colinas que, segundo Campos (1994), é criteriosamente mais suave sobre os carbonatos silicosos comparativamente àquelas sobre os calcíticos.

Outro aspecto notável é o alinhamento de paredões lineares e dolinamentos, coincidentes com as direções dos principais conjuntos de fraturas subverticais presentes nos calcarenitos (Beato et al., 1992; Berbert-Born et al., 1998; Piló, 1998), indicando o importante controle destas estruturas na configuração da hidrografia e da morfologia exocárstica. Há alguns casos reconhecidos como vinculados a zonas de falha de rejeito em alto ângulo, como por exemplo, o escarpamento da Lapa Vermelha e um cinturão de uvalas contíguo que se estende no sentido NW (Campos, 1994).

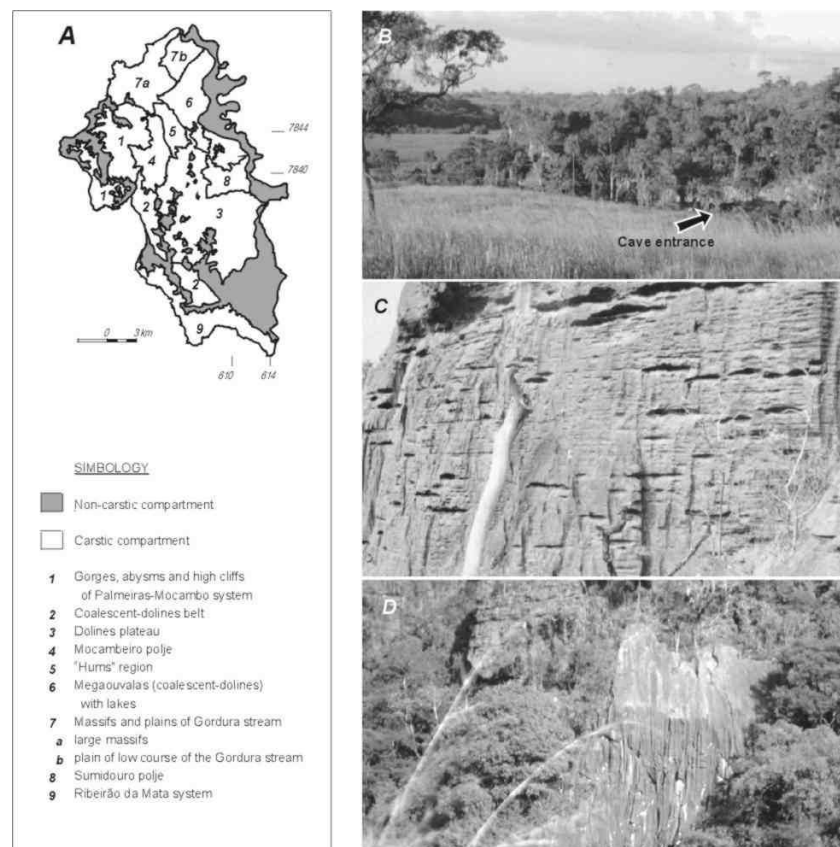


FIGURE 3

Figura 3: Características do "exocarste de Lagoa Santa". A) compartimentação geomorfológica da área da APA (Kohler et al., 1998); B) região do maciço da Jaguará (Experiência da Jaguará); C) "lapiás de juntas" (schichtenkarren) e D) caneluras verticais (rinnenkarren).

Superfícies cársticas encobertas

São áreas com espesso manto de solo sobrejacente aos calcários, que limita muito a expressão das formas cársticas. Tais coberturas ocorrem especialmente nos segmentos ocidental e meridional da área. As Superfícies Filíticas recobrem boas extensões da área, onde os carbonatos estão recobertos por rochas metapelíticas. Neste domínio há ocorrências sugestivas de feições cársticas, que podem derivar de carstificação ocorrendo em profundidade nos carbonatos.

Depressão de Mocambo

Corresponde a uma extensa planície rebaixada com cotas altimétricas em torno de 700 metros, limitada por colinas de vertentes abruptas e grandes afloramentos rochosos. Está alojada sobre um manto argiloso que capeia os carbonatos silicosos da base da sequência carbonática, segundo furos de sondagem (Campos, 1994). É também descrita como um polje.

Representa a região mais dissecada do carste, com alagamentos periódicos segundo dolinas ou uvalas amplas e suaves. Funciona como nível de base local para onde é dirigida a descarga de boa parte das águas coletadas e drenadas nas áreas de Planalto Cárstico. Em alguns pontos há maciços rochosos residuais com pequenas cavernas e abrigos associados, classificados como "humes" (Uvala de Mocambo e Região de Humes da figura 3A).

Epicarste

No carste de Lagoa Santa é possível observar um relevo rochoso irregular instituindo-se sob a cobertura pedológica que, de uma maneira geral, delinea a geometria geral das altas e médias vertentes do relevo superficial. Segundo Piló (1998), o relevo epicárstico é marcado por duas feições expressivas: i) formas residuais ruiformes maiores tipo torres e ii) lapiás de carste coberto, podendo haver afloramento parcial das feições residuais no perfil de vertentes, conformando as chamadas "verrugas".

Aquele autor acredita que a dissolução seja bastante acelerada nessa interface da rocha com o solo, havendo uma importante atuação das fraturas alargadas na recarga hídrica difusa que incide no estabelecimento de um padrão labiríntico das formas (condutos) endocársticas e na dinâmica do seu preenchimento por sedimentos.

Endocarste

As cavernas - e seus depósitos químicos e clásticos - são os representantes mais importantes do endocarste de Lagoa Santa, sem desconsiderar as "fissuras" ou pequenos condutos que também compõem a trama endocárstica, fundamentais na dinâmica d'água e como hábitat de uma fauna especial.

Dentro dos limites da área da APA estão registradas 387 cavernas (figura 4), chegando ao número de 500 se tomado o entorno, incluído o município de Sete Lagoas. Considerando a existência de grandes áreas ainda pouco prospectadas, este número serve para dar uma idéia do potencial a novas descobertas.

Nenhuma outra localidade apresenta tal densidade de cavernamento, o que a torna um verdadeiro "parque espeleológico". A diversidade de situações, de morfologias e de combinações propicia um apanhado completo e complexo da natureza cárstica em pequenos espaços de área.

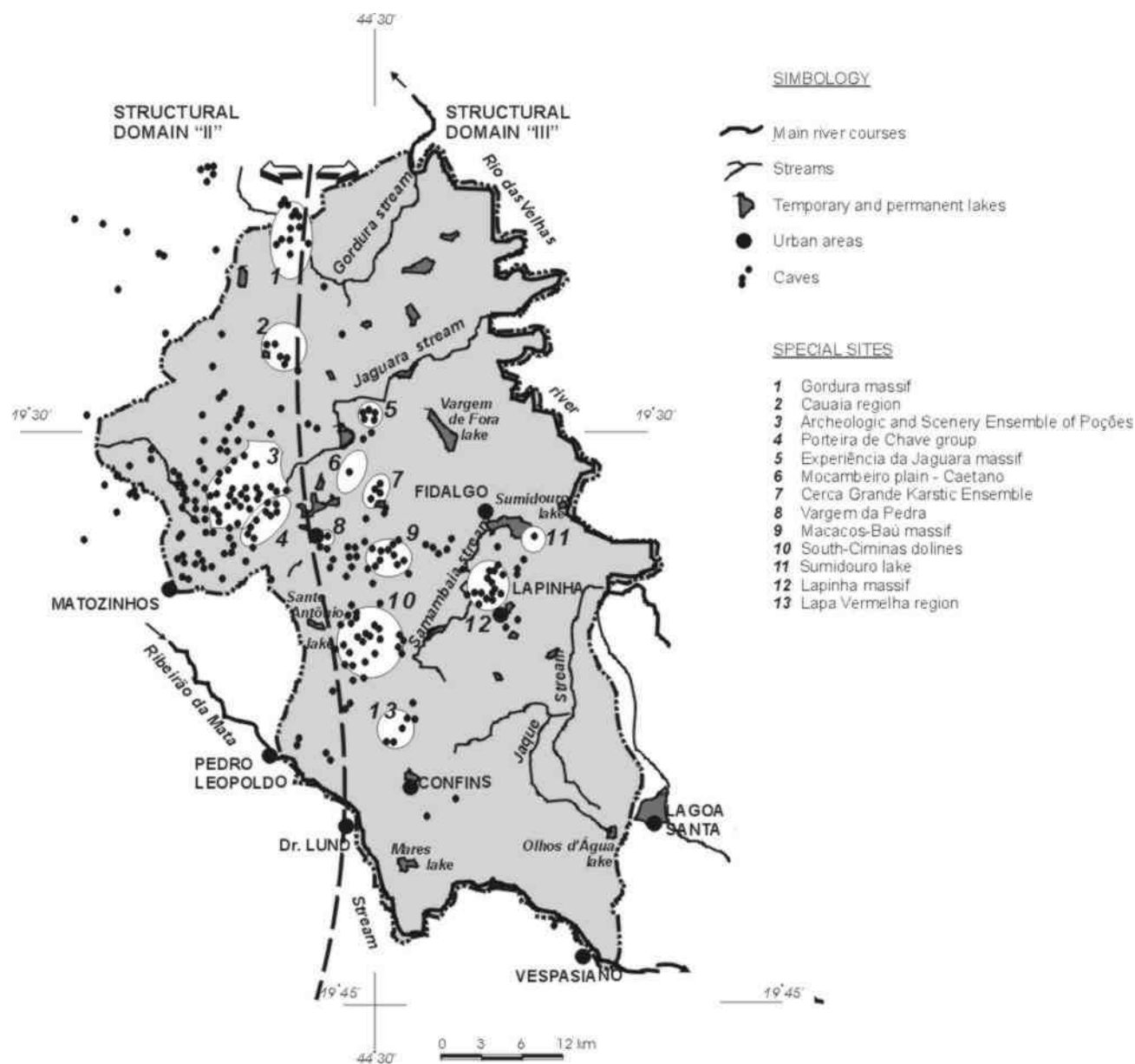


FIGURE 4

Figura 4: Localização das cavernas e situação dos principais conjuntos de feições cársticas do Carste de Lagoa Santa.

Características gerais das cavernas

O contexto espeleológico regional é descrito pela predominância de cavernas de pequeno porte, a maioria com menos de 500 metros de extensão. Cavidades que ultrapassam 800 metros de desenvolvimento já se destacam no conjunto, a termos de dimensão: grutas do Baú, do Boi, Irmãos Piriá, Rei do Mato (turística), Buraco do Medo, Cerca Grande, Lemniskos, Morro Redondo e Cascata II. As maiores ocorrências registradas são a Gruta da Escada, com 1822 metros e Lapa Vermelha I, com 1870 metros. Morro Redondo apresenta o maior desnível total, de 75 metros, havendo um vão livre de 52 metros que interliga dois níveis morfologicamente distintos da caverna. As grutas Tobogã, Salitre, Morena e Lapa Nova de Maquiné, situadas mais ao norte, são também importantes regionalmente, sendo aquela última particularmente relevante por aspectos

históricos e turísticos.

Na diversidade dos pequenos ambientes cavernícolas existentes ocorre uma grande variedade de tipos de espeleotemas. As cavernas com maior profusão de espeleotemas são aquelas já abertas ao turismo: Maquiné, Rei do Mato e Lapinha. Rei do Mato guarda exemplares magníficos de colunas e estalagmites (figuras 5A e B) escorrimentos de grande beleza e conjuntos expressivos de estalactites. Escorrimentos e cortinas são os grandes atrativos de Lapinha (figura 5C).

Nas demais cavidades, são muito comuns conjuntos de estalactites, estalagmites, colunas, escorrimentos e travertinos de pequeno e médio porte (centimétricas a decimétricas). Coralóides (couve-flor, leite-de-lua) recobrem grandes extensões de superfícies da rocha encaixante. São também relativamente comuns cristais dente-de-cão e helictites. Represas de travertino são em geral rasas, em razoáveis extensões ao longo de declividades de baixo ângulo, sendo uma variedade comum os microtravertinos "texturizando" superfícies de outros espeleotemas (figura 5D). Bacias travertínicas profundas são consideradas pouco comuns, encontradas nas grutas do Baú, Escada e Poções. Também são incomuns estalactites de maior porte, como ocorrentes na Lapa Vermelha I e em Paredão da Fenda III, superando 4 metros de dimensão. Há ocorrências isoladas de pérolas, vulcões, cortinas de aragonita, "folhas" e "agulhas" de gipsita (figura 5E), flores, triângulos e círculos de calcita.

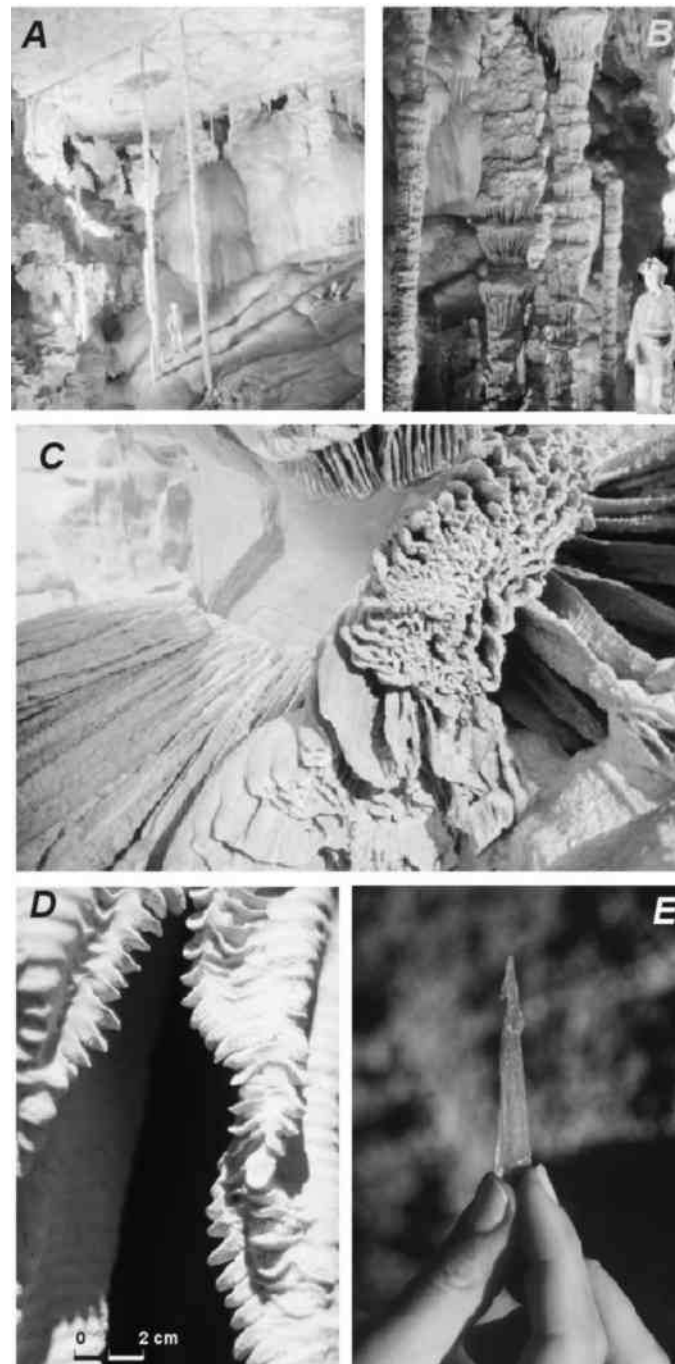


Figura 5: Aspectos do "endocarste de Lagoa Santa" - sedimentos químicos (espeleotemas). A) colunas tipo "velas" no salão principal da gruta turística Rei do Mato; B) estalagmites e colunas em Rei do Mato; C) detalhe de cortina na gruta da Lapinha; D) microrrepresa de travertino na superfície de cortinas; E) agulha de gipsita na gruta do Intoxicado.

Em sua relação com o relevo externo, as cavernas afloram em grande diversidade de situações, associadas a várias tipologias de dolinas, escarpas e maciços rochosos. Há algumas aglomerações que, em associação às formas superficiais,

vegetação e corpos d'água, compõem certos conjuntos paisagísticos especiais, alguns dos quais acrescidos de relevância histórica e cultural. São os casos do Conjunto Cárstico de Cerca Grande, Conjunto Arqueológico e Paisagístico dos Poços, Maciços da Cauaia e do Gordura, Conjunto Porteira de Chave, Vargem de Pedra, Maciço da Lapinha, Planície de Mocamboiro com seus maciços residuais, Lagoa do Sumidouro, Região da Lapa Vermelha, Conjunto Experiência da Jaguará, Maciço Macacos-Baú e Dolinas ao Sul da Pedreira Ciminias (vide figura 4). Sobre os dois primeiros conjuntos há tombamentos específicos.

Condicionamento geológico

Quanto a forma, arranjo, distribuição e frequência dos condutos de cavernas, uma primeira distinção é determinada pela diferenciação faciológica (litológica e tectônica) da seqüência carbonática onde se instalou o relevo cárstico.

A grande maioria das cavernas desenvolve-se nos calcarenitos homogêneos do Membro Lagoa Santa, onde está instalado o típico relevo cárstico superficial e os principais sistemas hidrológicos subterrâneos. Estatisticamente, há predileção de condutos de diferentes hierarquias por certas direções coincidentes a famílias de fraturas definidas. As galerias subterrâneas são maiores e muito mais frequentes na direção N75-85E e aproximadamente N-S (figura 6A) (Berbert-Born et al., 1998). É esperado que as fraturas E-W sejam realmente estruturas mais aptas ao alargamento inicial, uma vez que elas devem representar o principal conjunto aberto da região em decorrência de processos tectônicos extensionais (Beato et al. 1992). O desenvolvimento preferencial de condutos na direção N-S é concordante com padrões locais de alinhamento de dolinas que, segundo Piló (1998), podem refletir a influência da foliação subhorizontal que tem leve mergulho para leste.

A geometria verticalizada da maioria das seções transversais dos condutos (figura 6B) é um aspecto esperado pela influência das fraturas de atitudes subverticais. São muito comuns os casos em que as galerias conformam um perfeito retículo labiríntico, coincidente com a articulação dos conjuntos de fraturas, sendo exemplos típicos as grutas Escada, Cerca Grande e Lapa Vermelha. Em outras situações, quando não reticuladas, têm trechos retilíneos e mesmo sinuosidades claramente impostas por aquele tipo de estrutura. Seções com tendência horizontal são, pois, restritas a situações em que a foliação ou laminação é localmente mais expressiva ou em níveis de concentrados calcíticos (veios remobilizados).

Os calcissiltitos impuros da seqüência basal (Membro Pedro Leopoldo), com frequentes intercalações pelíticas, são composicionalmente menos favoráveis à carstificação. O cavernamento ocorre em situações especiais, ao longo dos contatos interformacionais inferior e superior onde há intensificação da deformação. No contato inferior, está vinculado à menor permeabilidade do embasamento cristalino, que força um maior tempo de residência da água e sua circulação no calcário assentado acima, sendo a gruta dos Irmãos Piriá o exemplo-tipo. O entalhe tende a ser lateral com alargamento progressivo, caracterizado pelo deslocamento de finos blocos tabulares induzido pela forte foliação ondulada e pelas próprias intercalações argilosas.

Onde a deformação é mais forte e generalizada, a lineação de estiramento observada nos planos da laminação subhorizontal segundo a direção aproximada E-W exerce um controle significativo sobre a abertura de pequenos condutos, reentrâncias e orifícios de perfil circular a ovalar. Há exemplos característicos na Gruta da Lapinha, como ilustra a figura 6C (Berbert-Born et al. 1998).

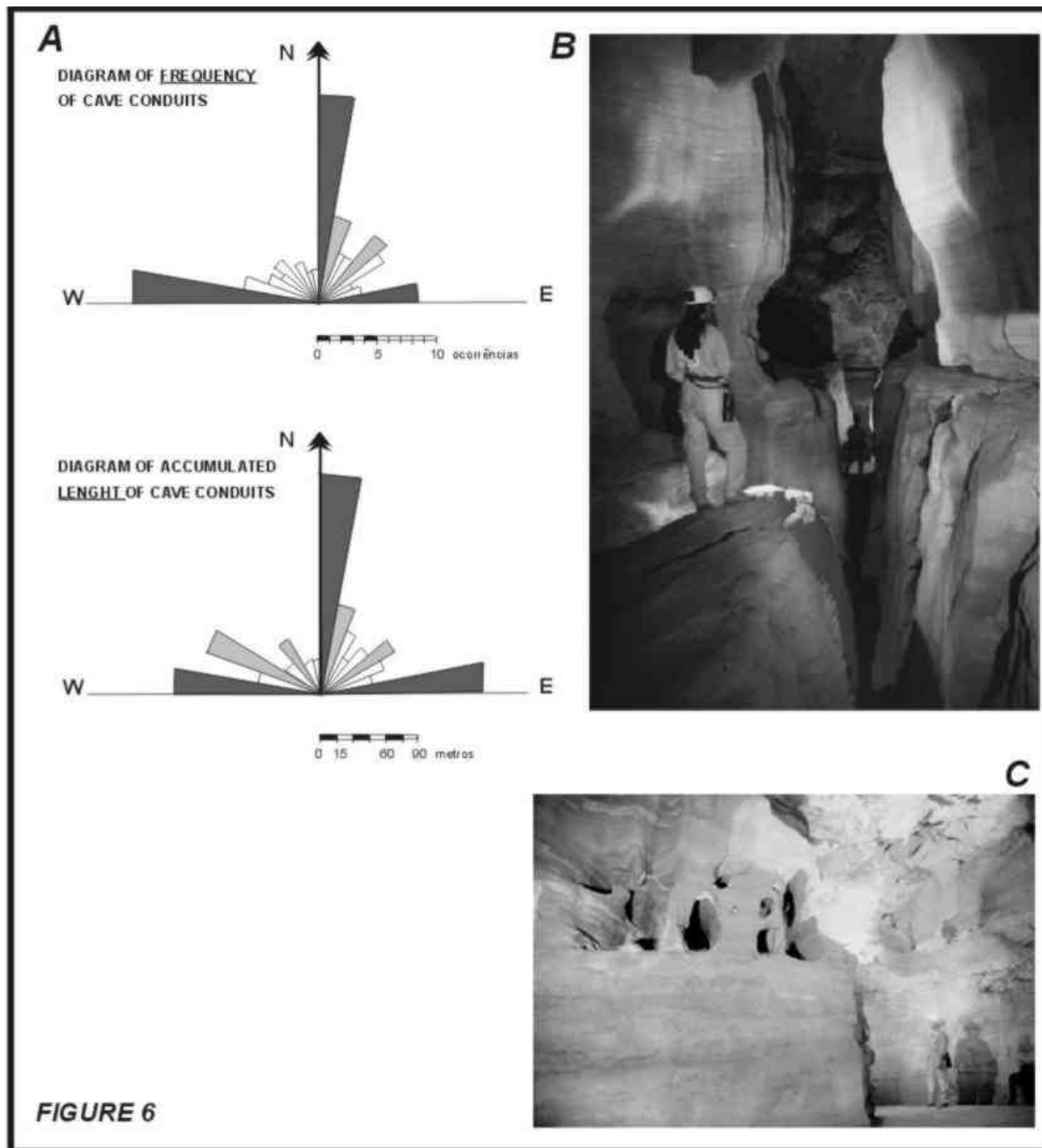


Figura 6: Aspectos do endocarste condicionados a estruturas geológicas. A) diagramas de roseta da frequência e comprimento acumulado de condutos subterrâneos desenvolvidos nos calcarenitos do Membro Lagoa Santa (Berbert-Born et al., 1998); B) conduto de seção verticalizada na gruta do Baú, conformado em pelo menos duas etapas distintas de entalhe; C) Orifícios condicionados à existência de lineação de estiramento bem definida, na gruta da Lapinha.

Condicionamento hidrológico

Não obstante a caracterização genérica das cavernas em função da configuração litoestratigráfica e estrutural maior, tem-se ainda assim uma grande diversidade morfológica, resultante dos variantes hidrológicos locais.

O Planalto Cárstico é uma região de grande dinâmica hídrica, de captura e "transmissão" das águas pluviais rumo aos níveis de base locais. Em segmentos fluviocársticos, há cavernas tipicamente configuradas pelo fluxo rápido e turbulento de rios subterrâneos, apresentando caráter de sinuosidade com trechos retilíneos, com galerias vinculadas a diferentes hierarquias tributárias que são normalmente drenagens ativas por curto espaço de tempo. Portanto, há cavernas que configuram pequenos trechos de uma rede de drenagem, com segmentos atualmente "desconectados" em função da dissecação do relevo. As principais ocorrências integram a região de Poções.

Mas a grande parte das cavernas nesse domínio fisiográfico está associada às dolinas, particularmente àquelas delimitadas

por escarpa calcária. Suas aberturas podem estar à base dos paredões, atual fundo das dolinas, ou acima do atual fundo. Funcionam como pontos atuais ou pretéritos de captura do escoamento das bacias, ou estão associadas a alagamentos ativos ou inativos da bacia.

Há vários exemplos de cavernas atualmente secas situadas acima do atual fundo das dolinas, transparecendo entradas lateralmente dispostas à "meia-altura" das escarpas, sendo as grutas da Escada e Cerca Grande exemplos típicos (figura 7A). Nesses casos, é comum haver também o desenvolvimento de cavernas irregulares pouco extensas ao sopé do paredão no fundo da dolina, funcionando como atual captura das águas e sedimentos escoados pela bacia. Salienta-se a existência de exemplares que registram a evolução progressiva de um tipo para o outro.

Algumas destas cavernas ao fundo de dolinas correspondem a conexões mais "tardias" do relevo com um sistema subterrâneo previamente conformado. Ou seja, são dolinas de subsidência que evoluíram a partir de uma rede subterrânea instalada. Em geral, esse tipo de situação ocorre segundo conjuntos de dolinas em proximidade mútua, caracterizando múltiplos pontos de captura superficial, de algum modo conectados no subterrâneo.

Lagos em dolinas, segundo Auler (1994,1995), são determinantes da elaboração de planimetrias labirínticas (reticulares), com tendência anastomosada, dependendo da estruturação local do calcário. Porém, as cavernas associadas a esse tipo de condição mostram uma morfologia complexa que resulta de variações hidrológicas policíclicas, marcada por feições superimpostas.

Há bons registros de diferentes fases evolutivas superpostas nas cavernas do Baú, Escada e Lapa Vermelha (figura 7B), entre elas, condições de flutuação do nível d'água, diferentes fases de preenchimento sedimentar intercaladas ao prevalecimento de precipitação química, indícios de processos paragenéticos, reentalhe vadoso por drenagens de escoamento das dolinas. Também podem ser citadas as cavernas da Lavoura, Morro Redondo e Poções, quanto à incidência de combinações de diferentes agentes genéticos (Berbert-Born et al. 1998).

Figura 7: Feições de destaque do Carste de Lagoa Santa. A) "janelas" lateralmente dispostas à meia-altura do maciço rochoso de Cerca Grande, cada qual conduzindo a galerias subterrâneas mutuamente paralelas e panorâmica do maciço ; B) entrada da caverna Lapa Vermelha ao verão, com pessoas como escala ao centro e à base da boca, e detalhe da entrada ao inverno (foto de Ézio Luís Rubbioli).

Outros tipos de cavernas são resultado exclusivo da ação quimicamente mais agressiva, porém ainda dispersa, de águas intersticiais que percolam as descontinuidades da rocha em lento fluxo descendente. São em geral de porte reduzido, sinuosas a retilíneas, sem grandes intercomunicações mas em grande densidade de ocorrência. Estão geralmente nos altos maciços como os de Poções e Lapinha, muito embora tais processos também componham a evolução das demais cavidades. Aliás, a ação dessas águas pode assumir magnitudes surpreendentes ao remodelar completamente o perfil das paredes das galerias, além de ser o principal agente da elaboração dos precipitados químicos secundários (espeleotemas).

Na unidade denominada Depressão de Mocambeiro, as cavernas mais significativas ocorrem geralmente à base de rochosos residuais à denudação que são circundados pelo lençol d'água aflorante. Em face do baixo gradiente hidráulico, são articuladas galerias labirínticas ainda com seções de perfil horizontalizado devido à expressão dos processos solubilizadores ao longo da superfície d'água. São cavernas em plena conformação atual, sendo bons exemplos as grutas à base do maciço da Jaguará. Nos maciços e humes também existem cavernas situadas numa certa altura acima do atual nível d'água aflorante, materializando níveis d'água pretéritos.

Sedimentos

Em muitas cavernas estão registradas diferentes fases de deposição sedimentar. Um aspecto marcante é a associação de sequências clásticas e níveis de precipitação química. Os sedimentos constituem-se, mais comumente, por brechas com componentes argilosos, areias, seixos, fragmentos de rocha e espeleotemas em proporções muito variáveis que oferecem indícios sobre as energias deposicionais.

Piló (1998) identificou três depósitos sedimentares distintos sob capas estalagmíticas na gruta do Baú, com restos da fauna extinta. Sobre cada um, incidiram processos erosivos que determinaram uma grande remobilização e lixiviação dos materiais, sob regime vadoso. Datações U/Th sobre as capas estalagmíticas indicaram ciclos deposicionais atuantes entre mais de 135 e 60 mil anos. Para as deposições químicas, foi interpretado condições de climas mais úmidos.

Considerações evolutivas

O modelo evolutivo da Depressão Macacos-Baú proposto por Piló (1998) ilustra as principais etapas da dinâmica de desenvolvimento da geomorfologia regional.

Comparando as taxas locais estimadas de velocidade de aprofundamento de dolinas (relação altimétrica entre capas estalagmíticas datadas em U/Th e fundo atual das dolinas) e o desnível total de 210 metros entre o planalto residual da superfície Sul-Americana e ponto mais baixo da região estudada, foi possível estimar em 1,9M.a. a idade *máxima* para o início do entalhamento daquela superfície, sem deixar de considerar que as dolinas têm uma dinâmica de evolução acelerada no contexto geral da evolução da paisagem.

O modelo defende a configuração de uma drenagem subterrânea antes da elaboração do relevo cárstico, evoluindo para um relevo de depressões fechadas (início da formação de dolinas) com o aumento gradativo das conexões dos sistemas endocársticos (Quaternário Inferior). Várias cavernas hoje aflorantes já estariam relacionadas a esses sistemas primários sob regime freático.

A conformação de sumidouros permitiu o fluxo de grande volume de detritos como corridas de lamias e fluxos aquosos, marcando um período de morfogênese muito ativa, provavelmente relacionada a episódios de chuvas intensas sob cobertura vegetal esparsa. Expressivos volumes de condutos foram generalizadamente colmatados, o que pode ter induzido, em ciclo ou ciclos posteriores, desenvolvimento paragenético "setorizado" de condutos. À essa fase, segue-se um longo período de maior estabilidade e redução do fluxo clástico o qual permitiu uma sedimentação química sobre os depósitos clásticos, que pode ter relação com uma mudança climática expressiva, com o aprofundamento do nível de base local ou com o impedimento da circulação hídrica devido à própria colmatagem dos sedimentos. Posteriormente, ocorre erosão dos depósitos atribuída a um outro período de chuvas intensas. Toda essa fase de preenchimento clástico, seguida de precipitação química e de posterior processo erosivo está datada como anterior a 135 mil anos, a partir de uma estalactite desenvolvida sob uma das capas estalagmíticas que recobre um importante depósito clástico.

Outros períodos deposicionais clásticos e químicos energeticamente menos intensos seguiram-se, associados a eventos de entalhe vadoso dos condutos e de sedimentos previamente posicionados (pelo menos três episódios de sedimentação química foram identificados). Em sedimentos sob capas estalagmíticas datadas de aproximadamente 70 mil anos estão presentes vestígios da megafauna extinta.

O incremento das conexões endocársticas, induzido até mesmo pela evolução epicárstica, deve ter facilitado o transporte dos materiais da cobertura, justificando a conformação das dolinas "secundárias" superimpostas ao perfil de vertentes maiores, no Pleistoceno Terminal, segundo um novo período de maior umidade, constatado por pólenes e datações de sedimentos de lagoas.

Processos holocênicos estariam expressos pela ampliação de dolinamentos, abatimentos da cobertura, introdução de mais material no endocarste, processos de abatimento nos paredões calcários e geração de novas capas estalagmíticas depositadas, até mesmo, sobre vestígios humanos pré-históricos.

PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA

Desde Lund, um grande número de informações foram geradas nos campos da paleontologia e arqueologia, tendo prevalecido o interesse maior sobre o "Homem de Lagoa Santa" e as populações que o sucederam. Muito dos achados paleontológicos foram decorrentes de pesquisas de cunho arqueológico (Cartelle et al., 1998).

Há ainda um potencial enorme para pesquisas paleontológicas sistemáticas, considerando o grande número de cavernas menores quase desconhecidas e as suas características deposicionais. Entre o material paleontológico já revelado, destacam-se os componentes da fauna Pleistocênica extinta, entre eles, preguiça gigante, tigre-dente-de-sabre (figuras 8A e B), lhama, cavalo, tatu gigante, gliptodonte, mastodonte. Atualmente, os estudos paleontológicos têm ficado restritos a pesquisadores da Universidade Católica de Minas Gerais e ao Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais.

A arqueologia de Lagoa Santa tem sua importância assegurada não só pelo seu papel na história dessa ciência no Brasil, mas também por suas revelações antroponológicas, pelos vestígios das mudanças ambientais no Holoceno, pelos indícios da implantação do homem na paisagem e sua sobrevivência, bem como pelos vestígios da tecnologia pré-histórica (indústrias lítica, do osso, de conchas, madeiras e cerâmica), segundo Prous et al. (1998). Os estudos possibilitaram definir os quadros gerais das ocupações humanas na região e suas limitações. Além disso, têm permitido estudar o mundo simbólico dos homens na pré-história, especificamente os rituais funerários e a "arte rupestre" (figura 9).

A existência de numerosos sítios com "grafismos parietais" elevam Lagoa Santa ao *status* de uma das mais importantes "províncias rupestres" do país, tendo particular importância as informações sobre a cronologia das pinturas e o reconhecimento de várias unidades estilísticas. Pela primeira vez no Brasil, pinturas rupestres tiveram uma idade "semi-absoluta" (idade mínima) determinada, quando foram descobertos grafismos enterrados abaixo de níveis de ocupação datados por radiocarbono. Os primeiros grafismos tiveram idades reveladas de pelo menos 6.000 anos.

Quanto aos vestígios mais antigos que se tem registros, tratam-se de "ossos datados por carvões com idades entre 10.200 e 11.680 anos", idade também confirmada em uma datação recente de ácidos húmicos penetrados pós-morte em osso de um indivíduo (Prous et al., 1998).

Cerca de uma centena de sítios pré-históricos, entre abrigos sob rocha e sítios a céu aberto estão cadastrados pelo Setor de Arqueologia da Universidade Federal de Minas Gerais. Além do número de sítios, surpreende a quantidade de material existente, podendo-se mencionar a descoberta de cerca de 80 indivíduos em apenas uma das pesquisas ocorridas (Prous et al., op.cit.).

Salienta-se que algumas porções da área, particularmente o norte e nordeste são quase que totalmente inexploradas pelos arqueólogos, sendo promissoras ao aparecimento de novos "sítios-chave" para a ciência.

O material arqueológico e paleontológico está reunido em coleções científicas e didáticas de instituições reconhecidas, e também em coleções particulares. Muito material foi levado ao exterior por Lund. Citam-se as coleções do Museu de Zoologia de Copenhagen (Dinamarca), Museu do Homem de Paris, Museu Nacional (Rio de Janeiro), Museu de História Natural da UFMG (Belo Horizonte), Museu de Mineralogia da UFOP, Centro de Arqueologia Annette Laming-Emperaire (Lagoa Santa), Centro de Estudos Tecnológicos de Minas Gerais (CETEC/MG). Como coleção particular, cita-se o "Museu Arqueológico de Lapinha".

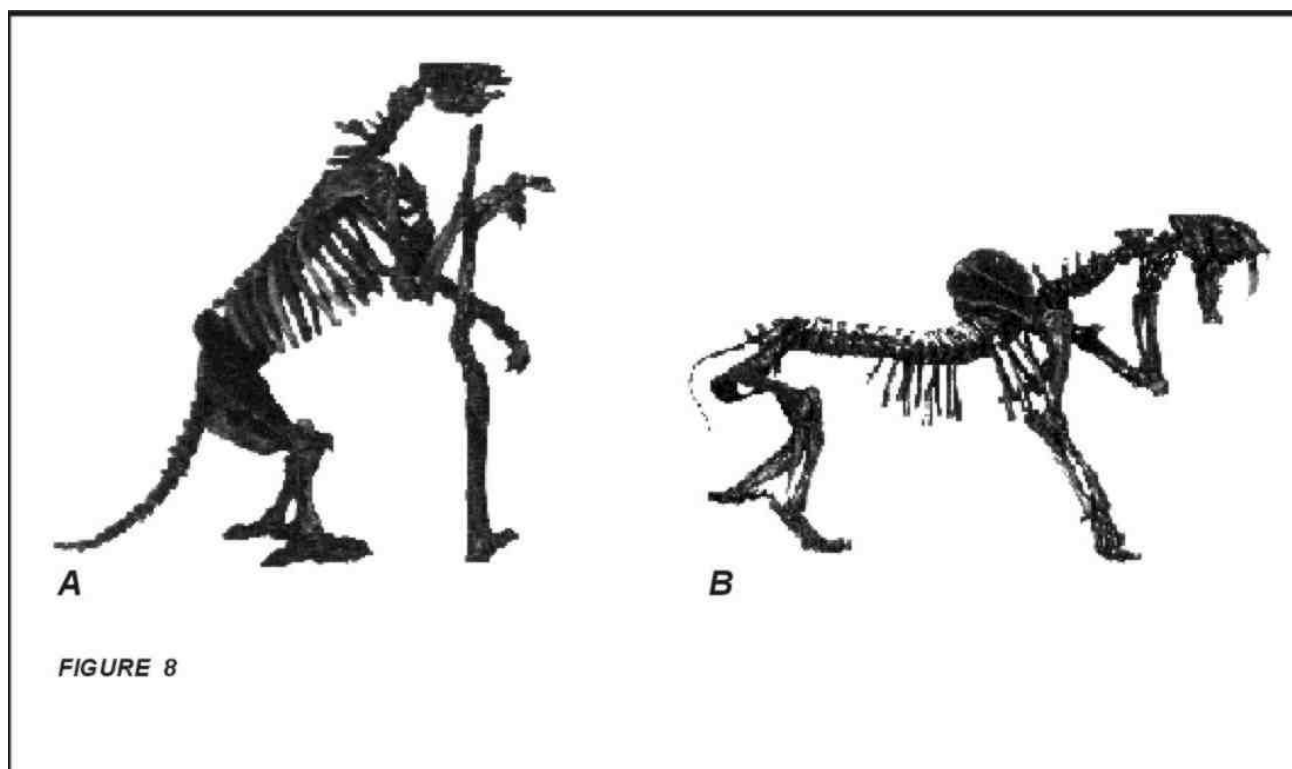


Figura 8: Dois fósseis de Lagoa Santa coletados por Lund (in Cartelle et al., 1998). A) esqueleto completo de preguiça gigante *Eremotherium laurillardii* (6 metros de comprimento, em linha, do crânio à extremidade da cauda; B) esqueleto completo de tigre-dente-de-sabre *Smilodon populator* (aproximadamente 2 metros de comprimento)



Figura 9: Pinturas rupestres em Lapa do Ballet: antropomorfos.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO

A maioria das cavernas do Carste de Lagoa Santa sofreu ou vem sofrendo interferências diretas ou indiretas de atividades antrópicas. As mais comuns e notáveis são as de ordem estética: quebra de espeleotemas, pichações e acúmulo de lixo. Entretanto, há outras lesões consideradas graves ao ambiente cavernícola, embora menos evidentes ao observador comum. São as que resultam em transformações lentas ou que incidem sobre componentes menos perceptíveis, mas não menos importantes, como a fauna, os depósitos sedimentares que a sustentam, a atividade da água. São exemplos a cobertura ou impregnação de superfícies por fuligem de fogueiras ou outras substâncias corrosivas, crescimento de algas induzido por iluminação artificial, recobrimento de áreas por sedimentos mobilizados, inundação, seca, alteração na composição físico-química e biológica da água e modificações de cursos naturais d'água que alteram o ciclo de atividade dos espeleotemas, a evolução natural das formas e o desenvolvimento da fauna.

A atividade mineradora é responsável por muitos desses impactos, uma vez que remove vegetação e solo, induzindo o aporte de detritos e modificando condições de fluxo d'água. O trânsito de maquinário, as detonações e as emissões de chaminés geram poeiras diversas, e os próprios abalos das detonações são agentes potencialmente impactantes. Nesse caso, os danos têm caráter mais pontual, porém drástico. Há casos isolados de convivência harmoniosa entre esse tipo de atividade e os sítios espeleológicos, casos de prejuízos irrecuperáveis e casos de risco iminente.

Por ser mais extensiva, a atividade agrícola talvez atue como o maior agente impactante, ao facilitar que solo revolvido e nutrientes sejam carreados para o ambiente cavernícola. Além disso, o desmatamento expõe as entradas, o que modifica as condições atmosféricas internas e suscita um maior trânsito de pessoas. Sem a proteção natural da vegetação, as freqüentes pinturas rupestres e outros vestígios arqueológicos tornam-se mais sujeitos à ação do intemperismo.

É ainda comum a quebra generalizada em paredes e em concreções ao piso, resultado de pequenas lavras das próprias concreções calcíticas, normalmente nas proximidades das entradas. São também o "resíduo" de escavações na busca de objetos arqueológicos e ossadas pré-históricas. Houve ainda época de exploração do salitre, matéria-prima da pólvora. A significância histórica e cultural dos sítios compreende investidas científicas bem e mal-sucedidas, algumas irreversivelmente nocivas pela falta de métodos apropriados.

Em conclusão, o patrimônio espeleológico é altamente vulnerável à depreciação por estar em área populosa e industrial, e já se encontra moderadamente impactado, com alguns casos críticos. A intensa depredação decorrente da própria visitação aponta a necessidade de um projeto de educação ambiental direcionado à população local. Acredita-se que a forma mais viável e eficiente de conservação seja a fiscalização pelos próprios moradores, uma vez conscientizados do valor do patrimônio natural onde residem. É também salutar a manutenção da vegetação nativa nas proximidades das entradas, ou seja, junto aos maciços, paredões e dolinas, o que significa a conservação da própria paisagem externa (Berbert-Born et al. 1998).

POTENCIAL TURÍSTICO

O porte reduzido das cavernas é um fator já por si restritivo à visitação turística, porque o ambiente natural não é capaz de comportar um grande número de pessoas sem que haja fortes interferências, sendo freqüentes situações de desconforto e risco. Por outro lado, a densa aglomeração em que ocorrem as grutas é um aspecto muito interessante, com apelo turístico.

O aproveitamento turístico "convencional" como nas grutas Maquiné, Rei do Mato e Lapinha, para as quais o visitante dirige-se no intuito de admirar espeleotemas e amplos salões, pode ser considerado esgotado. Alternativas viáveis passam a ser aquelas que componham "roteiros espeleológicos" de enfoque educativo, a fim de ilustrar o funcionamento da dinâmica do carste, o meio biótico e a ocupação humana.

Tal esquema de visitação não requer grandes adaptações ou suportes ao que o próprio ambiente oferece, requerendo, talvez, pequenas melhorias no acesso. A imposição natural é a da visitação em pequenos grupos de pessoas acompanhados de guias treinados e instrumentados em número compatível, o que significa necessidade de investimentos mínimos. Os roteiros, por sua vez, devem ter aprovação técnica após rigorosa avaliação dos pontos, sendo necessário contemplar as susceptibilidades do que será visitado, a fauna e os fatores de risco ao visitantes. Essa avaliação deverá indicar o número ideal de pessoas e a periodicidade da visitação, os procedimentos necessários e as restrições (Berbert-Born et al., 1998).

Em síntese, qualquer iniciativa nesse sentido requer um plano de manejo.

COLABORADORES

Leitura crítica, sugestões e apoio do Dr. Luís Beethoven Piló foram cruciais à finalização deste trabalho, bem como o material bibliográfico cedido pelo Dr. Heinz Charles Kohler. Aos dois pesquisadores, expresso profundo reconhecimento e gratidão. E a Carlos Oiti Berbert, como sempre, personalidade fundamental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM, F.F., BRITO NEVES, B.B., ALVES, J.A.C. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco - uma revisão. In: Dominguez, J.M.L. & Misi, A. (ed.) 1993. O Cráton do São Francisco. Reunião Preparatória para o II Simpósio Sobre o Cráton do São Francisco. SBG/SGM/CNPq. Salvador. p.45-62
- ALMEIDA, F.F.M. e HASUI, Y. (org.). 1984. O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blücher Ed.
- AULER, A.S. 1994. Hydrogeological and hydrochemical characterization of the Matozinhos-Pedro Leopoldo Karst, Brazil. Western Kentucky, 110p. (Master of Science, Faculty of the Department of Geography and Geology).
- AULER, A.S. 1995. Lakes as a speleogenetic agent in the Karst of Lagoa Santa, Brazil. Cave and Karst Science, **21**(3):105-110.
- BEATO, D., BERBERT, M.L.C, DANDERFER, A. e PESSOA, P.F.P. 1992. Avaliação preliminar do Carste de Sete Lagoas-Lagoa Santa e riscos ao meio ambiente antrópico - Projeto VIDA. In: SIMPÓSIO DA SITUAÇÃO AMBIENTAL E QUALIDADE DE VIDA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE E MINAS GERAIS, 2. Belo Horizonte, 1992. Anais... Belo Horizonte:ABGE, p.56-59.
- BERBERT-BORN, M., HORTA, L.S., DUTRA, G.M. 1998. Levantamento Espeleológico. In: APA Carste de Lagoa Santa - Patrimônio Espeleológico, Histórico e Cultural. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. 71p, anexos e mapas. (Série APA Carste de Lagoa Santa, volume III).
- CAMPOS, A.B. 1994. Relações entre as características faciológicas e estruturais das unidades do Grupo Bambuí e a morfologia cárstica na região de Lagoa Santa-Pedro Leopoldo (Minas Gerais). Belo Horizonte, UFMG/FAPEMIG, 21p. (Relatório final de pesquisa - aperfeiçoamento. Programa de Pesquisa "Estudos ambientais e proposta de manejo na região do carste no Planalto de Lagoa Santa, M.G.").
- CARTELLE, C. ABUHID, V., FERREIRA, MA.A., FERREIRA, R.L. 1998. Levantamento paleontológico. In: APA Carste de Lagoa Santa - Patrimônio Espeleológico, Histórico e Cultural. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. 9 p., anexos e mapas. (Série APA

Carste de Lagoa Santa, volume III)

- CETEC-Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1987. Estudos da dinâmica dos recursos hídricos da região cárstica dos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos. Belo Horizonte, CETEC. 38p. *Relatório técnico*.
- CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 1994. Caracterização geomorfológica da região cárstica de Sete Lagoas-Lagoa Santa (MG). Belo Horizonte, CPRM/CETEC. 37 p., 1 mapa (6 folhas). (Projeto VIDA VIDA - Programa Gestão e Administração Territorial).
- GOMES, M.C.A., PILÓ, L.B. 1992. As minas de salitre: a exploração econômica das cavernas em Minas Gerais nos fins do período colonial. São Paulo, SBE. Espeleo-Tema, 16:83-93.
- IBGE, 1993. Mapa de vegetação do Brasil, escala 1:1500.000.
- KOHLER, H.C. 1989. Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa/MG. São Paulo. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo).
- KOHLER, H.C., PARIZZI, M.G., SOUZA, J.B., CASTRO, V.H.C. 1998. Mapa Geomorfológico da APA Carste de Lagoa Santa. In: APA Carste de Lagoa Santa - Meio físico. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. (Série APA Carste de Lagoa Santa, volume I).
- PATRUS, M.L.R.A. 1996. Hidrologia e qualidade de águas de superfície do município de Sete Lagoas. Belo Horizonte, CPRM. (Projeto VIDA - Programa Gestão e Administração Territorial). *Inédito*.
- PILÓ, L.B. 1998. Morfologia cárstica e materiais constituintes: Dinâmica e evolução da Depressão Poligonal Macacos-Baú - Carste de Lagoa Santa, Minas Gerais. 269p. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo).
- PROUS, A., FOGAÇA, E., RIBEIRO, L. 1998. Patrimônio arqueológico. In: APA Carste de Lagoa Santa - Patrimônio Espeleológico, Histórico e Cultural. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. 22 p., anexos e mapas. (Série APA Carste de Lagoa Santa, volume III).
- SCHÖLL, W.U. 1976. Sedimentologia e geoquímica do Grupo Bambuí na parte sudeste da Bacia do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. Ouro Preto, 1976. Anais..SBG, 2:207-231.
- SOUZA, H.A. (org.) 1998. Zoneamento ambiental da APA Carste de Lagoa Santa. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. (Série APA Carste de Lagoa Santa).
- TULLER, M.P., RIBEIRO, J.H., DANDERFER FILHO, A. 1991. Geologia da região cárstica de Sete Lagoas-Lagoa Santa (MG). Belo Horizonte, CPRM. (Projeto Vida - Programa Gestão e Administração Territorial). *Inédito*.
- VIANA, H.S., TAVARES, V.P., KOHLER, H.C., 1998. Síntese da geologia, recursos minerais e geomorfologia. In: APA Carste de Lagoa Santa - Meio físico. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. 21 p., anexos e mapas (Série APA Carste de Lagoa Santa, volume I).